

1 はじめに

インターネットトラフィックの急激な増加に伴い、ネットワーク機器の電力消費量が急増しており、ネットワーク機器の省電力化が重要視されている。ネットワーク機器単体では、リンクの設定帯域が小さいほど電力消費量が小さいという特性を利用して、転送トラフィック量によって帯域を調整する手法が提案されている。しかし、複数の機器で構成されるネットワークにおいて、最小ホップベースの経路制御では、ネットワークに流入されるトラフィック量に関わらず全機器を稼働しなくてはならないため、電力消費の観点から非効率である。そのため先行研究では、転送フローの経路が複数存在するネットワークにおいてリンクの利用状況に応じた経路の集約/分散による省電力化手法を提案し、解析評価を行っているが、本研究では、集約/分散方式の改良による効果をシミュレーションにより明らかにする。

2 既存手法

図 1 にネットワークモデルを示す。Source Domain(SD) x に属するノードが Destination Domain(DD) x に属するノードにフローを送信する際、パス $x, y(x, y = 1, 2)$ の 2 パスを利用可能と想定し、パス x は SD $_x$ -DD $_x$ 間のデフォルトパス、パス y は迂回パスとする。パスの利用率 ρ_x に対して閾値 $T_x(0 \leq T_x \leq 1)$ を設定し、 $\rho_x \leq T_x$ を低消費電力状態、 $\rho_x > T_x$ を高消費電力状態と定義する。SD $_x$ -DD $_x$ 間に新規フローが発生した場合、各パスの利用率に応じて以下のように転送経路を決定する。

- デフォルトパス x の利用
 1. $\rho_x < T_x$ の場合：低消費電力状態は維持されるため。
 2. $\rho_x > T_x$ の場合：高消費電力状態であるが、迂回による通信品質劣化を防ぐため。
 3. $\rho_x = T_x$, かつ、 $\rho_y = T_y$ の場合
- 迂回転送 (パス y の利用)
 4. $\rho_x = T_x$, かつ、 $\rho_y \neq T_y$ の場合：パス x の低消費電力状態を維持するため。
 5. $\rho_x = 1$ の場合：フローの損失を防止するため。

3 改善手法

デフォルトパスを利用する場合、デフォルトパスのみにおける利用率を考慮していた既存手法に対して、迂回パスの利用率も考慮した手法に改善する。具体的には、両パスの低消費電力状態を維持するため転送決定において、以下のように既存手法の変更、追加を行う。

- デフォルトパス x の利用
 - 1' $\rho_x < T_x$, かつ、 $\rho_x \leq \rho_y \leq T_x$
- 迂回転送 (パス y の利用)
 6. $\rho_x < T_x$, かつ、 $\rho_y < \rho_x \leq T_y$

このように、両パスにおける利用率を考慮して利用率の低いパスへとフローを割り当てることで、低消費電力状態への滞在時間の延長が期待できる。

4 シミュレーションモデル

本研究では、既存手法と改善手法において ns2(network simulator version2) を用いて性能評価を行う。SD $_x$ -DD $_x$ 間のフローは平均到着率 λ_x のポアソン過程に従い発生し、各フローの継続時間はパラメータ μ_x の指数分布に従うとする。ここで時刻 t における各パスの収容フロー数を $f_x(t)$ 、各パスに収容可能なフロー数を c_x 、低消費電力状態で収容可能な最大フロー数を $n_x = \lfloor c_x * T_x \rfloor$ として以下に評価指標を定義する。

- 低消費電力状態滞在率 $P_{green}(x)$

$$P_{green}(x) = \frac{f_x(t) \leq n_x \text{の時間の総和 [s]}}{\text{シミュレーション時間 [s]}} \times 100[\%] \quad (1)$$

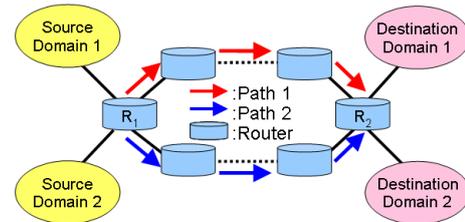


図 1: ネットワークモデル

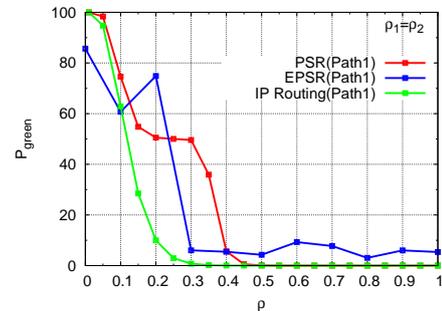


図 2: パス 1 の低消費電力滞在率

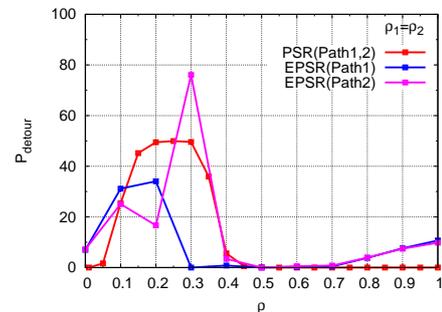


図 3: フロー迂回率

- フロー迂回率 $P_{detour}(x)$

$$P_{detour}(x) = \frac{\text{迂回フロー数}}{\text{SD}_x - \text{DD}_x \text{間の全発生フロー数}} \times 100[\%] \quad (2)$$

5 シミュレーション結果

各パスへの流入トラフィック量 $\rho (= \rho_x = \rho_y, \rho_x = \lambda_x / c_x \mu_x)$ が等しい場合について調査を行う。ここで、フローの平均継続時間 $1/\mu_x = 200[\text{sec}]$ 、各リンク帯域を $100[\text{Mb/s}]$ とし、各パスには最大で $c_x = 40$ フローが収容可能であると仮定する。また、各パスにおける閾値 $T (= T_x = T_y)$ を 0.1 とする。図 2 にパス 1 における低消費電力状態、図 3 に SD $_x$ -DD $_x$ 間および SD $_y$ -DD $_y$ の到着フローの迂回率を示す。図 2 より、 $\rho = 0.2$ において、改善手法 (図中“EPSR”) における低消費電力状態滞在率は、既存手法 (図中“PSR”) と比較して、約 20% 改善されている。これは、図 3 に示すように、 $\rho = 0.2$ において、両パスにおける到着フローを程良く迂回し、両パスの閾値未満の資源を共有できるためである。このように、改善手法によって、ネットワークへの流入負荷が低い場合の省電力性能を改善できることを示した。

6 まとめ

本研究では、経路集約/分散によるネットワーク省電力化手法について、ネットワークへの流入負荷が低い場合の省電力性能を改善するため、改良手法を検討した。シミュレーションにより、閾値未満の両パスの帯域資源を効果的に共有し、低消費電力状態への滞在率を改善できることを示した。